

## 研究ノート

## 情報購買活動のシミュレーション

飯 尾 要

## I

アメリカのマーケティング科学研究所 (Marketing Science Institute; 以下 MSI と略称) は、いくつかの研究書をシリーズで発行している。ここでとりあげる *Experiments on the Value of Information in Simulated Marketing Environments* (1967) もその1つである。これは、Paul E. Green (ペンシルヴァニア大), Patrick J. Robinson (MSI), Peter T. Fitzroy (ペンシルヴァニア大) による共同研究となっている。

この研究は、いわゆる情報購買活動 (information buying behaviour) に関するシミュレーション研究である。その目的はつぎのように説かれる。

今日、不完全情報あるいは部分的な情報のもとでのデシジョン問題について、いはば規範的なモデル (normative models) としては、統計学的決定理論におけるベイズ的アプローチ (Bayesian approach) が展開されている。これにたいして、不完全情報のもとにおける現実の人間のデシジョン過程がどのような傾向を展開するか、といった、いはば記述的なモデル (descriptive models) が、もっと開発される必要がある。そして、この記述的モデルの開発は、規範的モデルの理解にプラスするだろう、という。

[1] p. 2.

ただ、ベイズ的アプローチは今日ではかなり普及しており、企業などの

現実の経済主体がベイズ的デシジョン・ルールを採用することも十分に現実的である。その意味では、ベイズ的アプローチをある種の記述的モデルとして扱うことも十分に合理的である。しかし、そうではあるが、ここに Green たちが展開しようとしているような研究も、一定の意味をもつといえよう。

そして、上述目的のために、現実のプロセスそのものをなにかの形で観察することも考えられるが、現実の複雑さからして、実験的ゲーム (experimental gaming) にたよることが1つのアプローチとして併用され、重視されるわけである。ここで実験的ゲームというのは、ある一定の行動仮説 (behavioral hypotheses) のテスト用具としてのシミュレーションをさしている。ただ、その際、“ideal” な下じきとしては、ベイズ型デシジョン・モデルが想定され、これとの比較分析などに重点がおかれる。この点では、Edwards, Shuford などの仕事とも共通している。[1], [2].

シミュレーションの設計は次のようになっている。

各人は、広告キャンペーンのいくつかの代替案について評価を下さねばならないマーケティング・マネジャーの役割におかれる。各キャンペーンの効果は、外的環境状況に依存している。この状況のいろいろな可能性についての確率が、情報として入手し得るわけである。情報は、その信頼度およびコストのそれぞれ異なっている、いくつかのマーケティング・サーベイの形でしめされる。

したがって実験変数はつぎのようになる。

1. 代替的行動。
2. 可能的状態。
3. 行動と状態の組合せによる利得表。
4. 被実験者にあたえられる、各状態発生についての事前確率。
5. サーベイの信頼度。
6. サーベイのコスト (価格)。

これらの組合せによる実験において、ほぼつぎのような問題が検討される。

1. 規範的モデルとして算出されたベイズ型デシジョンは、現実の行動に合致するか。たとえば、不確実性を減少させるものとしての情報への評価 (evaluation) において、ベイズ型モデルと合致するか。また、その情報入手のもとにおいて行動決定を行なう際、ベイズ型ルールで行なうか。

2. もし、上述において、規範的モデルと現実の行動が合致しないとすれば、そのバイアスはどういった傾向のバイアスとして現われているか。

3. また、そのバイアスのあり方は、情報の信頼性、情報のコスト (価格)、事前確率、利得表などの条件とどう関連しているか。

4. 規範的モデルと現実行動の対応関係は、情報購入の局面、最終的な行動決定の局面など、デシジョン過程の各局面により異なるか。また、異なるとすれば、どのように異なっているか。

5. 被実験者は、マーケティング担当者のグループと、学生グループの2つのグループに分れる。いずれも、デシジョン理論に関する予備的訓練や知識をもたない。これら両グループのパフォーマンスについて、差異はあるか。それぞれの特徴はどうであるか。

実験は、その条件の複雑さを変えながら4つ行なわれる。第1のものをまず紹介し、あとはその概要について紹介することにしよう。

## II

第1の実験ゲームは、かなり簡単な設定条件のもとで行なわれる。したがって、実験のあり方の基本的性格を了解するには便利な例となる。

まず、購入される情報はすべて完全情報 (perfect information) であると設定されている。

各ゲーム・プレイヤーは、大企業におけるマネジャーであり、貨幣的純利益を最大化することを目的としている。そのために、広告キャンペーン

の案を決定することが、あたえられた問題である。

選択すべき広告キャンペーンの代替案が2,  $A_i (i=1, 2)$  である。

$A_i$  のもたらす利得は, 状態  $S_j (j=1, 2)$  にも依存している。したがって,  $A_i, S_j$  のもとにおける利得を,  $O_{ij}$  でしめす。

また, 状態  $S_j$  の起こる可能性についての主観的事前確率を  $P_j$  とする。

$$\sum_j P_j = 1$$

ここであたえられる情報はすべて完全情報であるから, その情報を入手する主体がその情報に付ける「価値」は, —すなわち完全情報の期待価値 (the expected value of perfect information) EVPI は, ベイズ・ルールによると次のようにしめされる。

$$EVPI = \sum_j (\max_i O_{ij}) P_j - \max_i (\sum_j P_j O_{ij}).$$

すなわち, EVPI は, 事前確率と利得表できまる。その情報の価格が上述の EVPI (=「価値」) より高ければ, 情報を購入しないし, 価格が「価値」より安ければ購入することになろう。価格が「価値」に等しければ, 購入してもしなくても無差別である。そして情報を購入した場合にはその情報にもとずき, また, 購入しない場合には事前確率にのみもとずいて, 行動を決定することになる。

いま, 表1にしめした条件1のもとでは, EVPI は 3,000 ドルである。

表 1

条件1	$S_1$	$S_2$
$A_1$	50,000	10,000
$A_2$	35,000	20,000
$P_j$	0.7	0.3
条件5	$S_1$	$S_2$
$A_1$	50,000	10,000
$A_2$	29,000	16,000
$P_j$	0.5	0.5

同様に, 条件5においても, EVPI は 3,000 ドルである。というより, 条件5においては事前確率が異なるが EVPI は同じにするように利得表を製作している。

ところで, この事前確率の2種類, 条件1にしめされた (0.7, 0.3) と, 条件5にしめされた (0.5, 0.5) とは,

シミュレーションの実験因子としては、因子Aのレベル  $a_1$ , および  $a_2$  とされる (表2参照)。

ついで条件1, 条件5の利得行列を,  $a_1$  レベルと  $a_2$  レベルにおける基本的な利得行列として, これに次式の形で変化を加える。

$$O'_{ij} = C + BO_{ij}$$

表2 因子レベル

因子	レベル1	レベル2
A 事前確率	$a_1 = (0.7, 0.3)$	$a_2 = (0.5, 0.5)$
B 方向係数	$b_1 = 1$	$b_2 = 2$
C 切片	$c_1 = 0$	$c_2 = 1.5 \times 10^5$

表3 因子と条件

	$a_1$		$a_2$	
	$b_1$	$b_2$	$b_1$	$b_2$
$C_1$	条件1	条件2	条件5	条件6
$C_2$	条件3	条件4	条件7	条件8

表 4

単位1000ドル

	$S_1$	$S_2$		$S_1$	$S_2$
(条件1)			(条件2)		
$A_1$	50	10	$A_1$	100	20
$A_2$	35	20	$A_2$	70	40
$P_j$	0.7	0.3	$P_j$	0.7	0.3
(条件3)			(条件4)		
$A_1$	200	160	$A_1$	250	170
$A_2$	185	170	$A_2$	220	190
$P_j$	0.7	0.3	$P_j$	0.7	0.3
(条件5)			(条件6)		
$A_1$	50	10	$A_1$	100	20
$A_2$	29	16	$A_2$	58	32
$P_j$	0.5	0.5	$P_j$	0.5	0.5
(条件7)			(条件8)		
$A_1$	200	160	$A_1$	250	170
$A_2$	179	166	$A_2$	208	182
$P_j$	0.5	0.5	$P_j$	0.5	0.5

因子 B は、 $b_1=1$  と  $b_2=2$  の 2 レベル。因子 C は、 $C_1=0$  と  $C_2=1.5 \times 10^5$  の 2 レベル。利得行列は、 $a_1, a_2$  の各レベルにつき 4 通りずつできる。

したがって、全体の設定条件は表 3 にしめされた通り、8 条件になる。条件は表 4 にしめされている。(表 3, 表 4 参照)

したがって、条件 1, 3, 5, 7 のもとでは、

$$EVPI=3000 \text{ ドル},$$

条件 2, 4, 6, 8 のもとでは、

$$EVPI=6000 \text{ ドル}$$

である。

そこで、規範的モデルとしては、つぎのように行動することになる。

1. 情報の価格が、条件 1, 3, 5, 7 にあっては 3000 ドルより、条件 2, 4, 6, 8 にあっては、6000 ドルより、高いときには情報を購入しない。

2. もし、情報を購入しないときには、行動  $A_1$  をえらぶ。

3. もし、情報を購入したときには、サーベイが状態  $S_1$  をしめせば行動  $A_1$  を、サーベイが状態  $S_2$  をしめせば行動  $A_2$  をえらぶ。

ゲームでは、条件は、7, 4, 5, 8, 1, 2, 6, 3, の形でランダムにあたえられる。サーベイは、100 ドルから 53,000 ドルまでの間の 10 ケの価格でしめされる。

ゲームは、50 人の大学院学生と 15 人のマーケティング・マネジャーにたいし行なわれる。前者は、18 人、17 人、15 人の 3 グループに、後者は 8 人、7 人の 2 グループに分かれる。各人にあたえる指示の詳細は省く。

[1] pp. 31~32, および Appendix A・1, A・2, A・3.

ゲーム結果はつぎの通りである。

① 情報への各人の評価とベイズ評価のバイアス。

1~8 の全条件のもとにおいて、マネジャーも学生も、完全情報にたい

しては、ベイズ規範で判断される「価値」よりもヨリ多くの「価値」を付ける傾向がみられる。これを、正のバイアスをしめすという形で表現することにしよう。表5からわかるように、正のバイアスは、すべての条件の

表5 全試行における平均的バイアス (単位ドル)

グループ	全条件	条件 1, 3, 5, 7	条件 2, 4, 6, 8
(マネジャー)			
平均購入価	8,046	6,623	9,468
ベイズ基準	4,500	3,000	6,000
バイアス	3,546	3,623	3,468
(学 生)			
平均購入価	10,686	8,011	13,348
ベイズ基準	4,500	3,000	6,000
バイアス	6,186	5,011	7,348

もとにおいて、学生グループの方が大きい。そして、EVPI が 3000 ドルから6000ドルになると、マーケティング・マネジャーの方はわずかながらバイアスを減少させるのに、学生の方はバイアスを増大している。これは、マネジャーは、ベイズ規範に比較的近く、学生グループはかれらなりのノルム（正のバイアスをつける傾向）に照らしてそれなりにコンシステントであることをしめしているともいえよう。また、表6からわかるよう

表6 条件変化によるバイアス状況

条件変化	レベル1からレベル2への変化 における、平均購入価の変化率		
	ベイズ	マネージャー	学生
利得表の2倍化。	2.0	1.43	1.75
利得表に定数を加える。	1.0	1.21	1.22
2倍化し、定数を加える。	2.0	1.72	1.96
事前確率を7:3から5:5に。	1.0	0.88	0.97

に、利得表に、 $C_1=0$  から  $C_2=1.5 \times 10^5$  なる変化が加えられた条件のもとでは、 $C_1=0$  の条件のときに比べて、ベイズ規範では「価値」は変わらないのに、マネジャー、学生ともに、平均20パーセント高の「価値」を付ける結果となっている。

上述のような、情報「価値」への正のバイアス、すなわち “overbuying of information” の根づよさはなにによって説明されるか。Green たちはつぎのように説明している。

つまり、各主体は、事前確率のもとでは、だいたい期待収益の多そうな行動  $A_1$  をえらび、状態  $S_1$  を期待するわけだが、もし、“悪い方の” 状態  $S_2$  がおきたときの収益の差に関心が集中するのではないか、というわけである。

「ゲームのあとのインタビューにより確かめられた、ある典型的な主体は、条件1の場合を例としてつぎのようにいう。……

“事前確率のもとで考えるなら、ヨリ確率の高い状態  $S_1$  のもとにおいて、行動  $A_1$  の方がヨリ高い収益をもたらし、ベストである。したがって、事前確率のもとでは、行動  $A_1$  をとるべきであると考え。しかし、もし状態  $S_2$  が起きたら、行動  $A_2$  をるべきであるわけだが、情報を購入しないと行動  $A_1$  をえらぶわけだから、わたしは10,000ドルのリスクをおかしていることになる。” ベイズ・ルールで期待収益を最大化しようとするデシジョン・メーカは、この条件的機会損失10,000ドルに、その条件（状態  $S_2$  の発生）に帰属する確率0.3を乗ずる。そこで、 $10,000 \text{ドル} \times 0.3 = 3,000 \text{ドル}$  という機会損失が現われ、これが、情報の「価値」になる。多くの主体は、この第2段階の操作を行なわないのである。条件1, 3, 5, 7のもとにおける、上述の意味での“条件的機会損失”の平均は、8,000ドルになる。だから、学生たちは、その際の完全情報に約8,000ドルを払い、マネジャーは約6,600ドルを払うわけである。」

Green たちは、ほぼ上のように説明している。



事実、その情報評価のあり方からして、上述のような形の情報評価をとったと推定されるプレイヤーはかなり多い。このタイプのプレイヤーを、“Regret”型、（残念度型）プレイヤーとよぼう。

前述の表5、表6は各プレイヤーの試行結果のグループ別平均になるが、今度は、各プレイヤーの試行結果のグループ別平均になるが、今度は、各プレイヤーの反応の型別に分けてみると、表7のようになる。ベ

表7 各プレイヤーのタイプ別

タイプ	マネージャー	%	学生	%
ベイズ型プレイヤー	4	27	7	14
ベイズ・残念度型プレイヤー	5	33	10	20
残念度型プレイヤー	3	20	14	28
そのほか	3	20	19	38
計	15人	100	50人	100

ズ型プレイヤーとは、全試行においてほぼベイズ型に情報評価したプレイヤー。ベイズ・残念度型とは、あるときはベイズ型であるときには残念度型で評価したプレイヤー。その他とは、情報評価においてコンシステンシがなかったプレイヤーである。

## ② 期待機会損失率 (Relative Expected Opportunity Loss)

各試行において、情報を“購入する”“購入しない”の2つの代替案がある。これを  $T_1$ ,  $T_2$  でしめそう。そこで、各試行において、最適でない選択について、次の相対的期待機会損失または期待機会損失率 (REOL) が計算される。

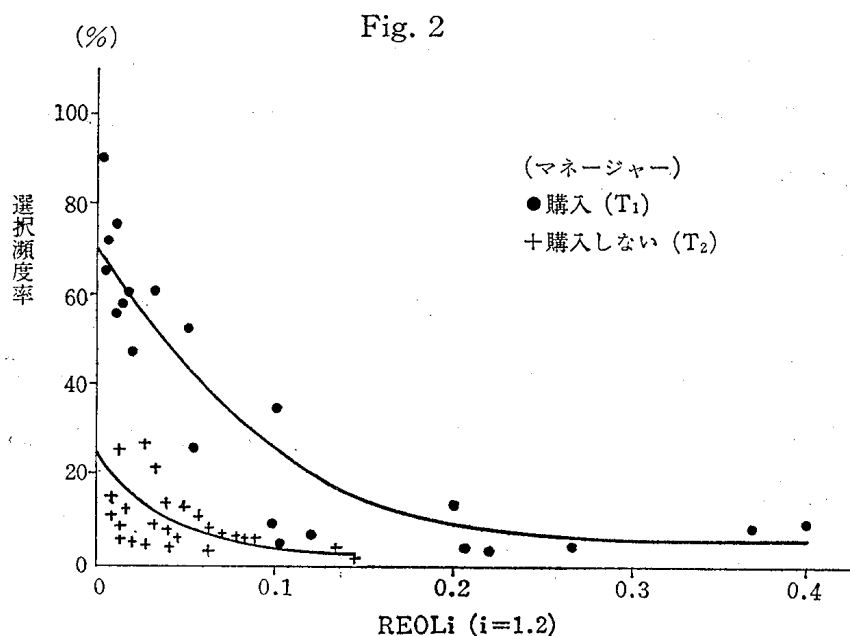
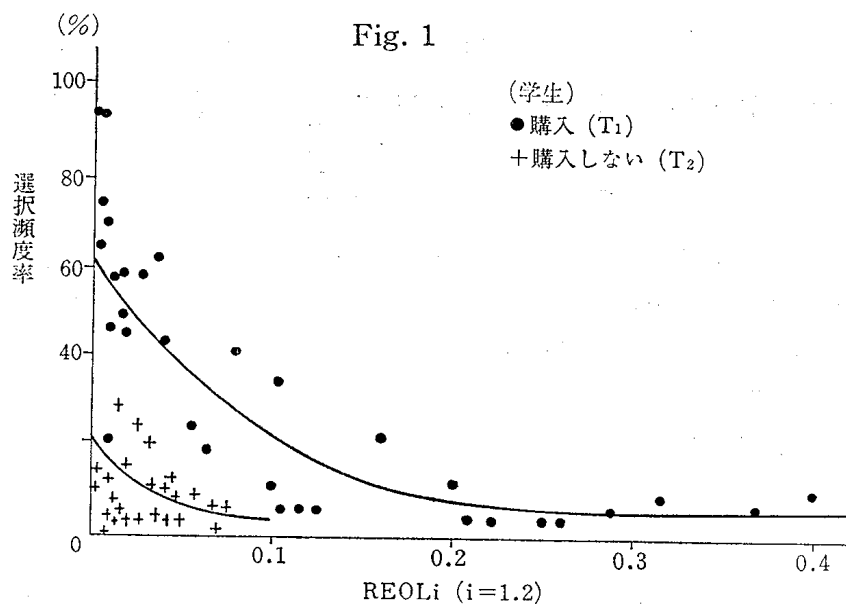
$$REOL_i = \frac{EMV^* - EMV_i}{EMV^*} \quad (i=1, 2)$$

$EMV^*$  は、ある試行において最適な選択を行なった際に得られる期待収益 (the expected monetary value)。

$EMV_i$  は、その試行において、選択  $T_i$  ( $i=1, 2$ ) を行なった際に得られ

る期待収益。したがって、 $T_1$  が最適のときには  $REOL_1=0$ 。

一般的な推定としては、この  $REOL_1$  が増大するにつれて、非最適な選択を行なう確率は減少すると考えられよう。このことを実験的にみてみたのが、Fig. 1 および Fig. 2 である。これらの図は、横軸には  $REOL_1$  を



目盛り、タテ軸には各行動がえられた頻度率が目盛りされている。曲線は、プロットされた各点から描かれた傾向線である。Fig. 1 についていうと、購入についての  $REOL$  がゼロのとき、すなわち購入が最適行動であ

るときに、購入が選択される頻度率は93パーセントである。（もしベイズ規範そのままに行動するなら、この点で100パーセントの選択が行なわれ、他の REOL についてはゼロの選択頻度になる。） また、非購入についての REOL がゼロのときには、非購入が選択される頻度率は74パーセントである。そして、非購入の曲線より下にある。このことは、同じ REOL にたいして、購入手動の方がバイアスが高いことをしめしている。学生についての場合も同様である。なお、学生はマネジャーよりも、同じ ROEL について購入へのバイアスが高い。

③ 最終的行動選択完全情報を購入した場合には、全員が、期待収益を最大化する最適行動に出る。情報を購入しない場合、つまり事前確率に依った場合には、最適行動に出るのは、全ケースの4分の3である。また、試行毎に、購入、非購入の場合を問はず、つねに最終行動を最適化した人は、大体において、情報評価について正のバイアスがかなり高い。

### III

上述の実験のほか、シミュレーションは、次のように、複雑化された設定条件のもとで行なわれる。

実験2 さし出される情報は完全情報ではなく、80パーセントの信頼度があるという条件になる。なお、事前確率が4レベル、利得表が3レベルの12条件。

実験3 信頼度が、50パーセント、70パーセント、90パーセント、100パーセントの4つの情報が提供される。コスト条件もさまざまな組合せであたえられる。

実験4 実験1～3は、単一ステップ・デシジョンであったが、実験4は多ステップ・デシジョン (multi-stage decision) になる。サーベイは、1ステップと2ステップの2種であたえられる。サーベイ1は信頼度90パーセントの1ステップ・サーベイ。サーベイ2は第1ステップが70パーセ

ント、第2ステップが80パーセントの信頼度をもつ、2ステップ・サーベイである。さまざまなコスト条件のもとで、サーベイを購入しない、サーベイ1を購入する、サーベイ2の第1ステップだけ購入する、サーベイの第1、第2ステップともに購入する、の各選択について実験される。

これらの各実験においても、いくつかの興味ある結果がみられる。とくに、Fig. 1 および Fig. 2 にしめされたような、期待機会損失率と非最適行動選択率との関係をしめす曲線は、実験2～4においても、すべてのケースについて、ほぼ実験1のような形状になる。

また、実験1にしめされたように、完全情報の評価について正のバイアスがつよく、また完全情報購入に際して正のバイアスがあらわれる傾向がつよい。これは、Green たちにより、前にしめしたように、“残念度型”(Regret 型)とされる。しかし、この“Regret”型も必ずしも一概に非合理的とはいえない。なぜなら、ベイズ・ルールは、期待値のみを中心指標として行動を選択するルールである。これは、その行動がかなりの回数くり返される行動であるような場合には、全くの合理的ルールとしてあらわれる。しかし、もし、その行動があまりくり返しのない、1回限りの状況と行動の組合せといったケースでは、単に期待値だけでなく、その状況したがって利得の確率分布における分散がかなり問題になる。完全情報においては分散はゼロである。もし、完全情報のもとにおけるのと同じ期待値をもたらす情報条件があるとして、後者は“分散”をもっている。もし、ベイズ・ルールでいうと、前者と後者は無差別になるが、上の“分散”を考えに入れる状況のもとでは、完全情報の方が評価が高くなる。これは筆者が前に行なった研究で、ランゲ (Oskar Lange) にならって、“リスクプレミアム”と名付けたものに起因する。このことについて、Green たちは分析をすすめていないのであるが、上述のような観点からみるときは Green たちの実験結果もまた別様の興味ある結果をしめしているものとして現われるのである。〔4〕第7章〔5〕。

また、ここで前述のベイズ・ルールに関連し、筆者がさきに情報のベイズ的評価に関して書いた論文“情報探索システムの社会的評価”(桃山学院大学経済学論集, 第13巻第1号)について若干のコメントをしておく。同論文において、各主体がもつ事前確率を一様とみなしているのはやや特殊な設定になる。これを一般的にいうなら、主体Kのもつ事前確率はつぎのようにしめされる。

$$\pi^{(K)} = \begin{pmatrix} P^{(K)}(x_1) \\ \vdots \\ P^{(K)}(x_n) \end{pmatrix}$$

したがって、同論文の(3.1)は、

$$V^{(K)}(S) = [U^{(K)}D^{(K)}Q]^* \xi - [U^{(K)}\pi^{(K)}]^*.$$

したがって(3.2)は、

$$V_1(S) = \sum_{K=1}^N [U^{(K)}\pi^{(K)}Q]^* \xi - \sum_{K=1}^N [[U^{(K)}\pi^{(K)}]^*]$$

となる。

また、(3.4)は、

$$V_2(S) = [U^{(S)}D^{(S)}Q]^* \xi - [U^{(S)}\pi^{(S)}]^*.$$

ここで、 $D^{(S)}$ ,  $\pi^{(S)}$  は、各主体がなんらかの形でそれぞれのもつ事前確率情報を収約して合意に達したところの、共同の事前確率をしめしている。なお、この一般的な形からいうなら、いずれにせよ、そこでしめされた数値例は不適切な点をふくみ、修正される要があるだろう。

## 文 献

- [1] P. E. Green et. al., Experiments on the Value of Information in Simulated Marketing Environments, (Marketing Science Institute Series of Books), 1967.
- [2] W. Edwards, "Dynamic Decision Theory and Probabilistic Information Processing", Human Factors, Vol. 4, (April 1962), PP. 59~73.
- [3] E. H. Shufd et. al., "Bayes Strategies as Adaptive Behavior", Biological Prototypes and Synthetic Systems, 1963, pp. 303~310.
- [4] 飯尾要, 「市場と制御の経済理論」, 日本評論社, 1970年。
- [5] 飯尾要, "あるリスク評価関数の分析", 「桃山学院大学経済学論集」第11巻4号, 1970年3月29~60ページ。